

II.- Courants

Le but du programme national sur l'environnement physique et biologique est d'établir un modèle mathématique qui simule et prédit l'état de la pollution de la Mer du Nord. Plus précisément, il s'agit [Nihoul (1971)] de donner la répartition, dans l'espace et le temps, de plusieurs variables d'état, issue de la résolution d'un système d'équations du type :

$$\frac{\partial \rho_{\alpha}}{\partial t} + \nabla \cdot \rho_{\alpha} \mathbf{v} = Q_{\alpha} - \nabla \cdot \mathbf{m}_{\alpha} + \sum_{\beta=1}^s P_{\alpha\beta} .$$

Des solutions numériques satisfaisantes de l'équation de dispersion d'un polluant non réactif ont déjà été obtenues par les unités de recherche hydrodynamique, tandis que d'autres unités ont mis en oeuvre les expériences nécessaires à l'évaluation des termes d'interactions biochimiques.

Il convient de noter que la dispersion d'une substance est assurée en partie par des processus d'aduction et de mélange turbulent. Sa prédiction requiert donc une connaissance exacte du champ des vitesses, dans la région étudiée.

A ce propos, il peut être utile de faire tâche d'hydrographe, de rappeler d'abord la configuration générale des courants dans la région-test et ensuite d'exposer et discuter les résultats de la courantométrie effectuée lors des croisières.

1.- Configuration générale des courants

L'eau de l'Atlantique pénètre dans la mer du Nord à partir du nord de l'Ecosse vers le sud d'un côté et, de l'autre, à partir du Pas-de-Calais vers le nord-est. Au point de rencontre de ces deux courants, il y a formation de trois grands tourbillons tournant dans le sens antihorlogique. Leur position varie d'ailleurs suivant les saisons. Cette configuration globale a déjà été mise en évidence par Böhnecke (1922) qui interprétait la répartition superficielle de la salinité.

L'onde stationnaire de la marée atlantique génère, aux deux ouvertures du bassin de la Mer du Nord, une onde progressive. Il y a formation

de trois points nodaux, appelés amphidromiques puisque les lignes cotidales effectuent, autour d'eux, une rotation antihorlogique dont la période est précisément celle de la marée.

Par ailleurs, il est connu depuis longtemps (Laplace, Lemb) qu'en un point d'un océan infini, l'extrémité du vecteur vitesse du courant de marée décrit une ellipse en une période.

En fait, dans le cas des mers côtières peu profondes, comme la Mer du Nord, l'ellipse des marées présente une forme assez dissymétrique. L'intégrale, sur une période, du courant de marée n'est pas nul; il existe donc un *courant résiduel* permanent. Dans notre région-test, on estime [Veley (1960)] que la vitesse de ce courant, responsable des processus aductifs, varie entre $2,78 \times 10^{-2}$ et $6,85 \times 10^{-2}$ mètre par seconde et que sa direction est sensiblement nord-est.

Dans notre région-test, on estime l'ordre de grandeur de la vitesse du courant induit par le vent comme variant entre 0,8 et 2,4 % de la vitesse de ce vent.

Comme l'a montré Ekman (1906), il existe un angle de déflexion α entre la direction du vent et la direction du courant de surface qu'il induit. Cet angle vaut 45° dans le cas d'un océan infini mais décroît d'autant plus que la profondeur est plus faible et le vent plus fort. En fait, il dépend du rapport entre la profondeur réelle et une profondeur caractéristique qui est l'épaisseur de la tranche d'eau dans laquelle se répercute, de façon non négligeable, l'influence du frottement dû au vent.

Dans les eaux très peu profondes, toute la masse d'eau se déplace pratiquement dans la direction du vent. Dans la Mer du Nord, l'ordre de grandeur de α est de 20° mais peut varier fortement d'un point à un autre suivant la configuration des côtes avoisinantes et la topographie des fonds.

2.- Mesures de courantométrie

Lors de toutes les stations des croisières 02 et 03, la courantométrie a été relevée à l'aide d'un courantomètre Bendix à rotor Savonius, prêté par le service du Professeur Wollast (U.L.B.). Pendant toute la

durée de la station, le courantomètre est immergé, à partir du bateau, à une profondeur de 5 mètres. La vitesse et la direction du courant sont enregistrées tous les quarts d'heure pendant une minute continûment.

Les résultats ont été publiés, *in extenso*, dans les *Technical Reports* 1971/02 (phys. 01) et 1971/03 (phys. 02). Cependant, il peut être utile d'en donner quelques commentaires, en prenant comme exemple la station M22 du 25-08-71.

Les figures 4 et 5 donnent, en fonction du temps, respectivement la vitesse et la direction du courant. La figure 5 est un diagramme polaire donnant l'« ellipse » des marées. Dans chacune des figures, la courbe en trait plein correspond aux valeurs expérimentales, celle en pointillé aux valeurs empiriques données par les cartes marines. En outre, dans la dernière figure, les flèches indiquent, à chaque heure, la vitesse et la direction du vent.

La différence entre les deux courbes s'explique aisément. D'une part, les valeurs empiriques sont données en un point de référence le plus rapproché du point de station, mais non ce point même. De plus, ce sont des valeurs moyennes sur une période de plusieurs semaines, en régime établi de vents normaux. Très utiles pour les navigateurs, elles sont cependant d'un intérêt limité pour les scientifiques. D'autre part, les valeurs expérimentales sont entachées d'erreurs systématiques : en effet, puisque l'instrument est solidaire du bateau, la mesure de la vitesse est perturbée par les mouvements ondulatoires de surface et le compas subit l'influence de la masse magnétique du bateau.

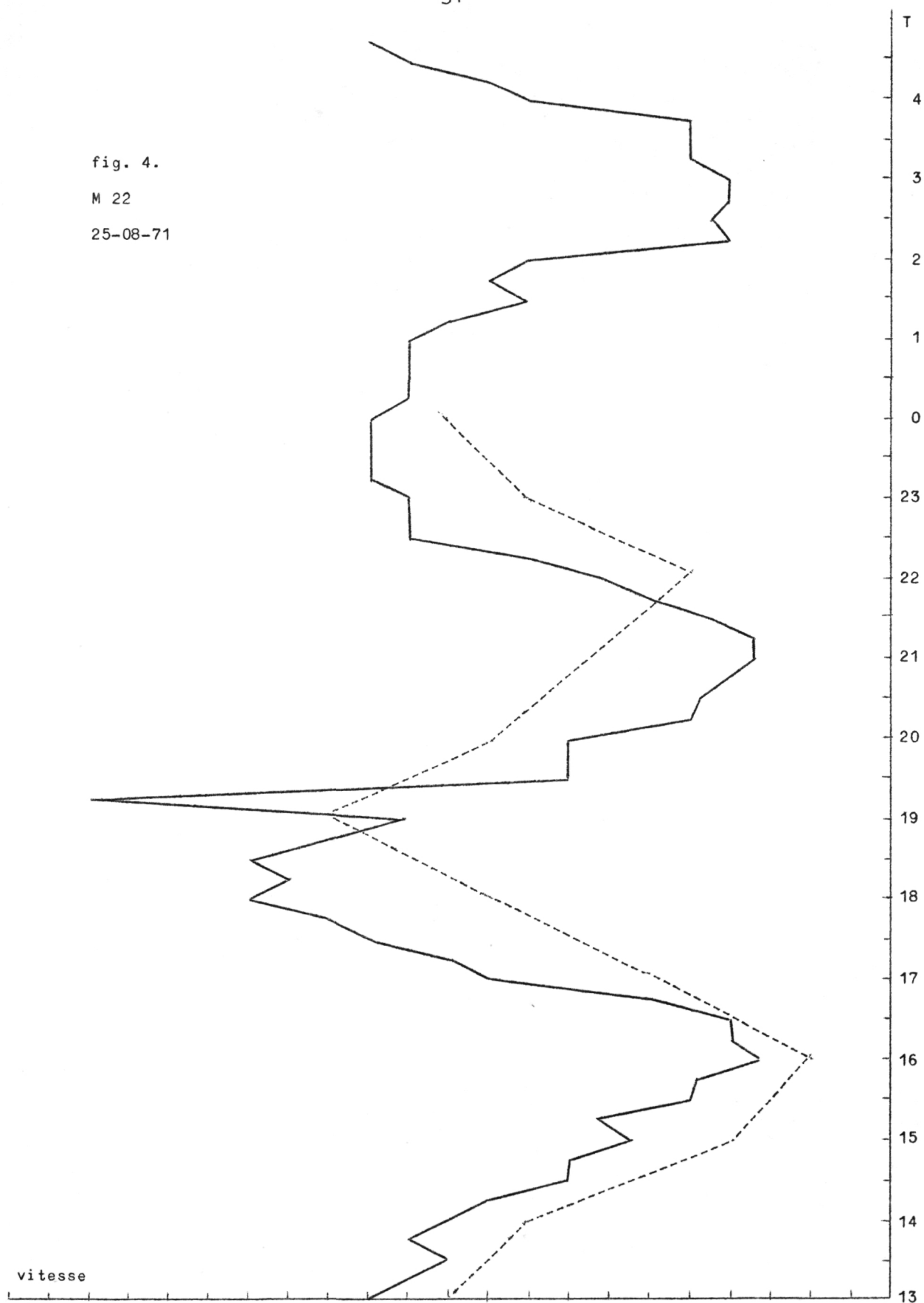
Ceci dit, il convient de souligner l'importance primordiale du vent sur l'eau. Comme il a été mis en évidence précédemment (Heaps, Runday), le courant induit par le vent, additionné vectoriellement au courant de marées peut modifier, d'heure en heure, la configuration prévue par les données empiriques.

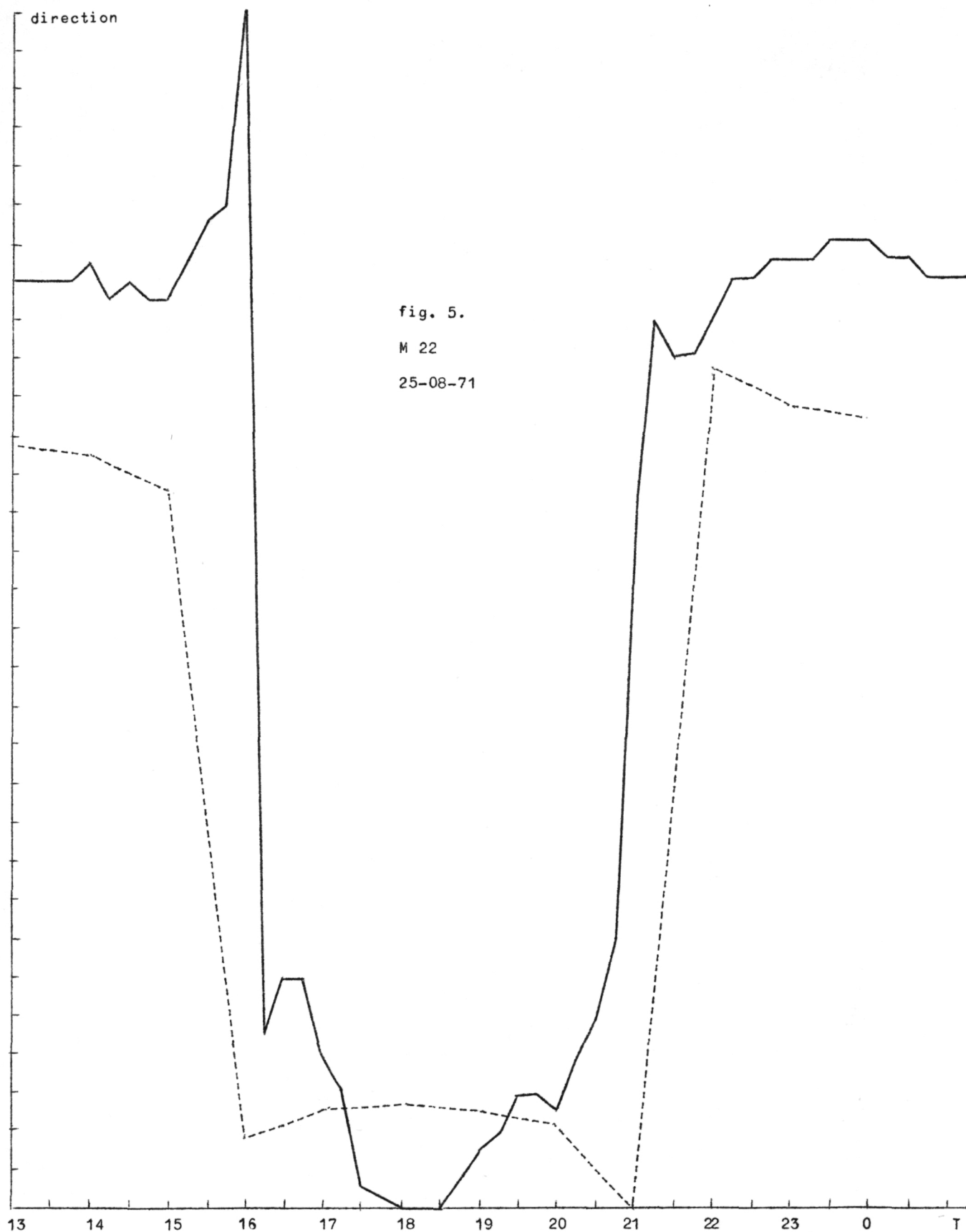
Par exemple, la situation à 15 h se présente *grosso modo* comme suit : le courant mesuré (0,34 m/s, 235°) peut être considéré comme la somme d'un courant de marée (0,20 m/s, 186°) et d'un courant dû au vent (0,24 m/s, 272°). La direction de ce dernier est décalée de 22° à droite par rapport à celle du vent et le rapport vitesse du courant induit/vitesse

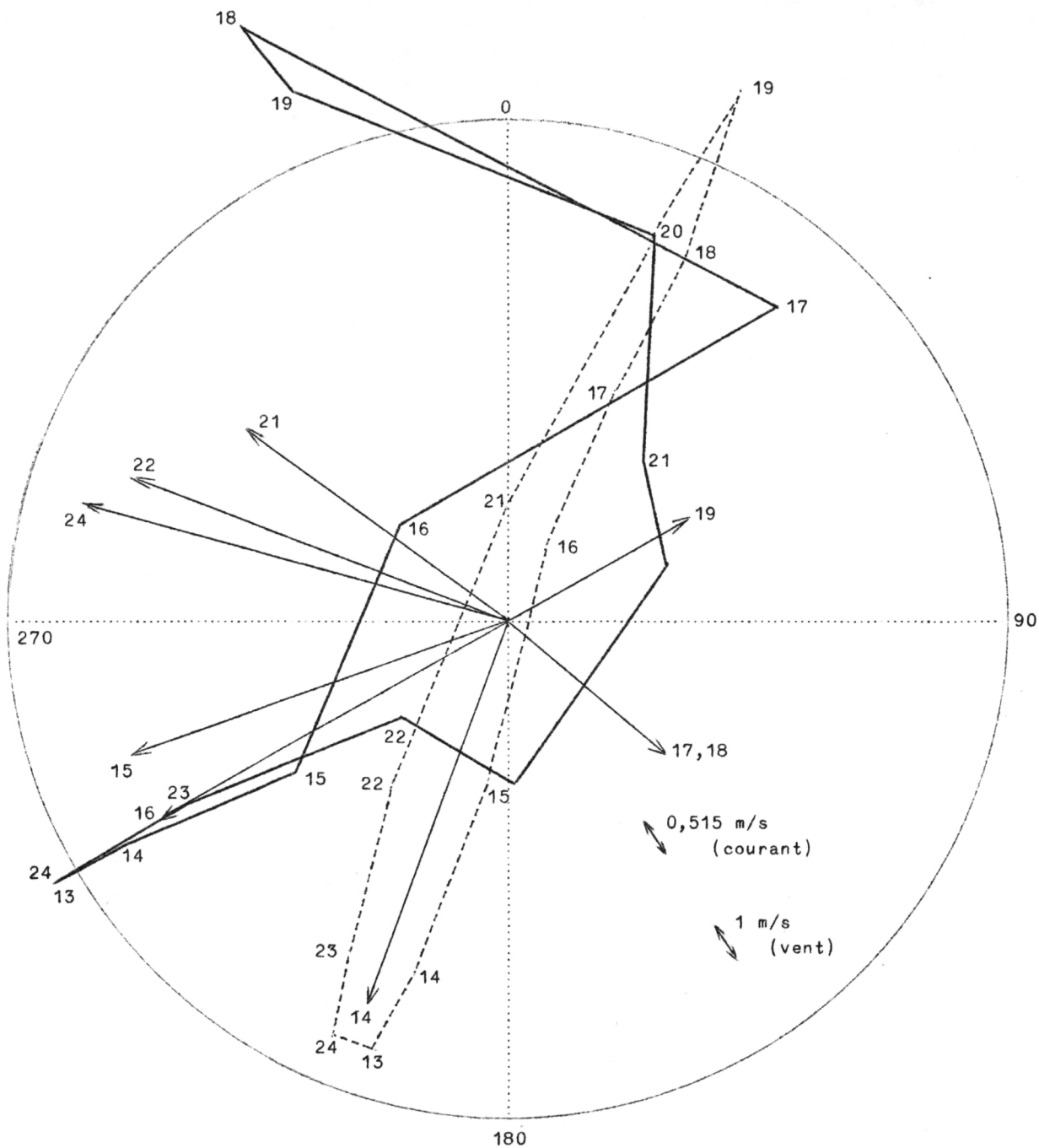
fig. 4.

M 22

25-08-71







M 22 - 25-08-71

fig. 5'.

du vent est de 2,45 % .

L'influence du vent sur la vitesse du courant est la plus nette à marée étale tandis que, sur la direction, elle est la plus marquée au maximum du courant. Cette dernière remarque s'explique directement par la théorie d'Ekman. En effet, plus la vitesse superficielle est grande, plus la profondeur caractéristique, qui lui est inversement proportionnelle est petite. Le rapport profondeur réelle/profondeur caractéristique en est d'autant plus grand et l'angle de déflexion plus marqué.

3.- Conclusions

Les résultats des mesures courantométriques relevées lors des croisières 02 et 03 sont satisfaisants. Les valeurs du courant instantané, du courant résiduel, du rapport vitesse du courant induit/vitesse du vent, de l'angle de déflexion de ce courant sont du même ordre de grandeur que celles trouvées dans la littérature.

Ils peuvent fournir une information intéressant les chimistes, les biologistes et les sédimentologues dans l'interprétation et la corrélation de leurs données.

Néanmoins, ils n'ont pas la précision et la rigueur qu'exigent les hydrodynamiciens. Aussi convient-il d'envisager, pour l'année 1972, des mesures courantométriques réalisées par des instruments perfectionnés, automatiques, mouillés, pendant plusieurs jours d'affilée, à un dispositif de bouées adéquat.

L'auteur remercie le professeur R. Wollast pour la part qu'il a prise dans le relevé des mesures et l'interprétation des résultats.

Références

- BÖHNECKE (G.), (1922), *Salzgehalt und Strömungen der Nordsee*, in *Veröff. Inst. Meeresk. Univ. Berl. N.F.A.*, 10, 1-34.
- HEAPS (N.S.), (1971), *On the numerical solution of the three-dimensional hydrodynamical equations for tides and storm surges*, in *Proc. Liège Third Colloquium on Ocean Hydrodynamics*, Université de Liège, 3-8 mai 1971.
- LEE (A.), (1970), *The currents and water masses of the North Sea*, in *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 8, 33-71.
- LEE (A.) and RAMSTER (J.), (1968), *The hydrography of the North Sea. A review of our knowledge in relation to pollution problems*, in *Helgoländer Wiss. Meeresunters.*, 17, 44-63.
- NIHOUL (J.C.J.), (1970), *Mathematical Model for the Study of Sea Pollution*, Programme national belge sur l'environnement physique et biologique, Report N 1.
- (1971), *Hydrodynamical and Biochemical State Variables and Evolution Equations for the Mathematical Modelling of Sea Pollution*, in *Proc. Liège Third Colloquium on Ocean Hydrodynamics*, Université de Liège, 3-8 mai 1971.
- (1971), *Mathematical Models*, Programme national belge sur l'environnement physique et biologique, Report N 10.
- RONDAY (F.C.), (1971), *Etude de la dispersion d'un polluant en Mer du Nord*, Programme national belge sur l'environnement physique et biologique, Report N 4.
- VELEY (V.F.C.), (1960), *The relationship between local wind and water movement in coastal waters of the British Isles*, in *Proc. 1st Int. Conf. on Waste Disposal in the Marine Environment*, Ed. E.A. Pearson, Pergamon Press, Oxford, 285-295.